Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 3, Fall 2023, p. 699-709

The Evaluation of the Fruit Morphological Diversity in Some Species of Pepper (*Capsicum* ssp.)

Z. Roudbari[1]*, M.R. Imani[2], J. Sarhadi[3], S. Khoshkam[4], R. Yoneszadeh[5]

Received: 28-06-2022 Revised: 30-07-2022 Accepted: 07-09-2022 Available Online: 07-09-2022	**How to cite this article:** Roudbari, Z., Imani, M.R., Sarhadi, J., Khoshkam, S., & Yoneszadeh, R. (2023). The evaluation of the fruit morphological diversity in some species of pepper (*Capsicum* ssp.). *Journal of Horticultural Science*, *37*(3), 699-709. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2022.77363.1179

Introduction

To specify the diversity of pepper plant (*Capsicum* ssp.) population and the inheritance of fruit characteristics for use in seed production breeding programs, there is a need for a diverse population in terms of the characteristics affecting fruit yield. By a large variety of options available for each product, there is a greater probability of selecting the best decision. A population's genetic variety may be used in several ways, including selection and hybridization. Pepper is a plant belonging to the genus *Capsicum* and the family Solanaceae. It is cultivated globally, particularly in tropical and subtropical regions. The genus *Capsicum* contains more than 30 wild and domestic species, which are classified according to flower structure, fruit, and the number of chromosomes (2n= 24, 26).

Materials and Methods

To compare different pepper species based on fruit morphology, a greenhouse experiment was conducted under hydroponic conditions in Zarandieh region, Markazi province, in a completely randomized design with three repetitions in 2021. The seeds of 42 pepper genotypes from 7 species were obtained from Gene Bank of Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK). Initially, the seeds were sown in dedicated planting trays. Once the seedlings had grown six leaves, they were transplanted to the main greenhouse. Within the greenhouse, the rows of cultivation were spaced 160 cm apart, with a 25 cm gap between individual plants. Each genotype was represented by ten plants. Throughout the growing season, the plants were managed by maintaining two branches and removing any surplus ones. In this research, the following characteristics were evaluated: fruit production across three harvests, fruit weight, fruit length and diameter, fruit flesh thickness, fruit flavor (spicy or sweet), unripe fruit color, and ripe fruit color. Descriptive statistics of evaluated trait, including mean, minimum and maximum traits and the percentage of phenotypic and genotypic diversity coefficients, heritability, and the analysis of variance and comparison of means, were used to analyze the data.

Results and Discussion

A diverse collection of pepper was evaluated due to the fruit morphological traits and significant differences among different genotypes in terms of these traits. The average fruit weight of the assessed population was 26.54

1 and 4- Assistant Professors. of Department of Crop and Horticultural Science Research, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran
(*- Corresponding Author Email: z.roudbari@areeo.ac.ir)
2- Assistant Professor of Vegetable Research Center, Horticultural Research Institute, AREEO, Karaj, Iran
3- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran
5- Expet of Crop and Horticultural Science Research Department, Southern Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Iran
https://doi.org/10.22067/jhs.2022.77363.1179

g. The minimum and maximum fruit weights of 152.70 and 0.13 g were related to genotypes 409 and 276, respectively. Genotype 318, with an average weight of 144.20 g, was not significantly different from genotype 409. Both genotypes were of the species *annuum***,** but were in two separate groups regarding fruit morphology. The heritability rate of fruit weight was 93%, which is consistent with the results of Usman *et al*. (2014). Length, diameter and length to diameter ratio (fruit morphology index) are the most important factors in marketing pepper fruit. The mean fruit length, diameter and morphology index were 6.35, 2.57 cm and 3.04, respectively. The highest fruit length was related to genotypes 296 and 318 at 26.33, 20.20 and 19 cm, while the lowest fruit length was 0.70, related to genotype 277. The genotypes with the highest lengths were long pepper and Kapia sweet pepper, respectively, and the genotypes with the shortest lengths tasted spicy. Genotypes 409, 200, 318, 326, 272 and 348 had the largest diameter with 6.50, 6.23, 5.80, 5.67, 5.60 and 5.30 cm, respectively. These genotypes are bell, round, Kapia, triangular, triangular, round and sweet in terms of morphology. The smallest fruit diameter belonged to genotype 293 (0.30 cm), and the nineteen genotypes with a diameter of less than 2 cm did not differ significantly from 293. Twenty genotypes with the smallest fruit diameter have a pungent flavor (Table 1). The range of the fruit morphology index was from 0.56 to 8.99. The lowest and highest values were associated with genotypes 342 and 296, respectively (Table 3). The fruit of genotype 296 was sweet, whereas the fruit of genotype 342 was spicy. The heritability of length, diameter and fruit morphology index were 0.97, 0.97 and 0.98%, respectively. The lowest and highest numbers of fruits per plant in each hand-harvest were 1 and 67 fruits, respectively, belonging to genotypes 342 and 326. However, regarding shallow length, diameter, pulp thickness and, consequently, the low weight of the fruit in genotype 342, an almost low yield of this genotype was obtained in three harvests (2742.67 kg/ha). In contrast, genotype 318, despite its small number of fruits per hand-harvest (3 fruits per hand-harvest), had the highest fruit yield of 25379.20 kg Per hectare due to having fruits with large size and pulp thickness and as a result of high fruit weight. The lowest yields related to genotypes 276 and 293 belonged to *C. frutescens* L., with fruit yields of 17.60 and 44.00 kg/ha in three harvests. However, there was no statistically significant difference among the performance of these genotypes and the genotypes 277, 210, 282, 358, 261, 332, 394, 304, 311, 407, 321, 215, 427, 203, 342 and 200. The percentage of phenotypic and genetic variations in fruit yield was 61, 55% and the heritability of fruit yield was 81%.

Conclusion

This study evaluated a diverse collection of different species of pepper with a wide range of appearance traits. However, the most desirable and marketable characteristics of the fruit were obtained from genotypes belonging to *C. annuum*. However, genotypes belonging to other species, which were not addressed due to the high number of fruits per plant and resistance to pests and diseases, can play a complementary role in hybrid seed production breeding programs. Based on the results, genotypes 318 (Kapia, yellow and sweet), 287 (long, red and spicy), 348 (round, red and sweet), 272 (triangular, red and sweet), 309 (black, red and sweet) and 296 (long, red and sweet) could be introduced as cultivars after evaluating their compatibility, in terms of their high yield, suitable size fruits and marketability. In addition, because to the substantial variety of the examined population, breeding efforts might develop hybrid cultivars with unique traits.

Keywords: Broadscence heritability, Fruit yield, Morphological diversity, Pepper germplasm

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۳، پاییز ۱٤۰۲، ص. ۷۰۹-٦۹۹

بررسی گوناگونی ریختی میوه در برخی گونه‌های فلفل (*Capsicum* ssp.)

زهرا رودباری[۱]*- محمدرضا ایمانی[۲]- جواد سرحدی[۳]- سیب گل خوشکام[٤]- رضا یونس زاده[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۶

چکیده

به منظور اطلاع از میزان تنوع موجود در جمعیت فلفل (*Capsicum* ssp.) و توارث ویژگی‌های میوه جهت بهره‌برداری در برنامه‌های اصلاحی تولید بذر، نیاز به جمعیتی متنوع از نظر ویژگی‌های تاثیرگذار بر عملکرد میوه است. به‌همین منظور ۴۲ ژنوتیپ از ۷ گونه مختلف فلفل از بانک ژن موسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی و گیاهان زراعی آلمان تهیه شد. ژنوتیپ‌ها در گلخانه هیدروپونیک در منطقه زرندیه استان مرکزی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۴۰۰ کشت شده و از نظر صفات وزن میوه، طول و قطر میوه، شاخص شکل میوه (طول/قطر)، ضخامت گوشت میوه، تعداد میوه در بوته/چین و عملکرد میوه در سه چین مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین وراثت‌پذیری عمومی صفات بر مبنای واریانس ژنتیکی و فنوتیپی محاسبه شد. براساس نتایج حاصل تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ ها ازنظر صفات مورد ارزیابی مشاهده شد. صفات از وراثت‌پذیری عمومی بالایی برخوردار بودند و گزینش بر اساس این صفات می‌تواند به بهبود ویژگی‌های میوه در به‌نژادی فلفل کمک کند. ژنوتیپ‌های ۳۱۸ (کاپی، زرد و شیرین)، ۲۸۷ (کشیده، قرمز و تند)، ۳۴۸ (گرد، قرمز و شیرین)، ۲۷۲ (مثلثی، قرمز و شیرین)، ۳۰۹ (بلوکی، قرمز و شیرین) و ۲۹۶ (کشیده، قرمز و شیرین) به دلیل داشتن عملکرد بالا، میوه‌های با سایز مناسب و بازارپسند می‌توانند پس از ارزیابی سازگاری به‌عنوان رقم معرفی شوند. علاوه بر این، با توجه به تنوع قابل‌توجه در جمعیت مورد ارزیابی، می‌توان به تولید ارقام هیبرید با ویژگی‌های متمایز در برنامه‌های اصلاحی مبادرت نمود.

واژه‌های کلیدی: تنوع مورفولوژیکی، ژرم‌پلاسم فلفل، عملکرد میوه، وراثت‌پذیری عمومی

مقدمه

فلفل گیاهی از جنس *Capsicum* و از خانواده Solanaceae بوده و در سراسر جهان و در درجه اول در کشورهای گرمسیری و نیمه‌گرمسیری پرورش می‌یابد. تیره *Capsicum* بیش از ۳۰ گونه وحشی و اهلی را در بردارد که از نظر ساختار گل، میوه و تعداد کروموزوم‌ها ($2n = 24, 26$) طبقه‌بندی می‌شوند. پنج گونه *Capsicum annuum* L.، *Capsicum chinense* Jacq.، *Capsicum frutescens* L.، *Capsicum baccatum* L. و *Capsicum pubescens* Ruiz Pav بیشترین سطح زیر کشت در دنیا را به خود اختصاص داده‌اند (Barboza *et al*., 2005).

فلفل یکی مهم‌ترین سبزیجاتی است که سطح زیرکشت آن به دلیل ارزش غذایی بالای میوه فلفل درحال افزایش است. به‌طوری‌که سطح کشت و میزان تولید آن در پنج سال گذشته به‌ترتیب به ۳/۷ میلیون هکتار و بیش از ۴۰ میلیون تن رسیده است (FAO, 2021). میوه فلفل کاربردهای مختلفی در رژیم غذایی انسان داشته و به

۱ و ۴- استادیاران بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: z.roudbari@areeo.ac.ir)
۲- استادیار پژوهشکده سبزی و صیفی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۳- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۵- کارشناس بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

https://doi.org/10.22067/jhs.2022.77363.1179

عنوان سبزیجات تازه و فرآوری شده، طعم دهنده در محصولات غذایی، ادویه‌جات، همچنین در صنایع داروسازی، آرایشی و بهداشتی و حتی به عنوان یک گیاه زینتی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Christov *et al*., 2021).

اگرچه جد وحشی جنس *Capsicum* نامشخص است، اما به نظر می‌رسد گونه‌هایی با 2n=26 کروموزوم گیاهان ابتدایی‌تری هستند. در مقابل گونه‌های اصلاح شده، نیمه اهلی و برخی از گونه‌های وحشی دارای تعداد کروموزوم غالب 2n=24 می‌باشند (Djian-Caporilano *et al*., 2007). گونه‌های وحشی دارای میوه‌ها و دانه‌های کوچک و قرمز هستند که توسط پرندگانی که با رنگ روشن میوه جذب می‌شوند، پراکنده شده‌اند. در طول اهلی کردن فلفل، گیاهان با اندازه و وزن میوه بیشتر و همچنین بوته‌های آویخته گزینش شده‌اند و به همین دلیل، بیشتر فلفل‌هایی با میوه درشت مطرح هستند (Paran and Knaap, 2007).

بر اساس منشاء جغرافیایی، صفات مورفولوژیکی، رفتار تولیدمثلی، تجزیه و تحلیل کاریوتیپ و اطلاعات نشانگرهای بیوشیمیایی و مولکولی، گونه‌های فلفل به سه مجموعه اصلی *C. annuum*، *C. baccatum* و *C. pubescens* دسته‌بندی می‌شوند (Ibiza *et al*., 2011). این گروه‌های پیچیده در دو شاخه اصلی فیلوژنتیک سازماندهی می‌شوند: گروه گل سفید شامل *C. annuum* و *C. baccatum* و گروه گل ارغوانی *C. pubescens*. مجموعه *C. annuum* شامل *C. annuum*، *C. frutescens* و *C. chinense* است که می‌توانند با یکدیگر تلاقی داشته باشند و احتمالاً از یک جد مشترک مشتق شده‌اند (Ibiza *et al*., 2011). گونه‌ی Glabriusculum (Dunal) Heiser and Pickersgill محتمل‌ترین جد *C. annuum* اهلی است. علاوه بر این، شواهد نشان می‌دهد گونه‌ی *C. chinense* از *C. frutescens* مشتق شده است (Djian-Caporilano *et al*., 2007). گونه‌های وحشی *C. galapagoense* (بومی جزایر گالاپاگوس) و *C. chacoense* (بومی پاراگوئه، آرژانتین و بولیوی) از نظر مورفولوژیکی و ژنتیکی شبیه‌ترین گروه‌های گل‌سفید هستند (Ince *et al*., 2010;Ibiza *et al*., 2011). مجموعه *C. baccatum* شامل گونه اهلی شده *C. baccatum var pendulum* و گونه‌های وحشی *C. baccatum var. baccatum* و *C. praetermissum* است. گروه گل بنفش شامل *C. pubescens* و گونه‌های وحشی *C. eximium* و *C. cardenasii* است (Mcleod *et al*., 1982). گونه *C. pubescens* به دلیل بذرهای سیاهش منحصر به فرد بوده و فقط شکل اهلی آن شناخته شده است (Djian-Caporilano *et al*., 2007).

وجود طیف وسیعی از تنوع در هر محصول شانس بیشتری را برای انتخاب مطلوب فراهم می‌کند. تشخیص تنوع ژنتیکی و تعیین رابطه ژنتیکی بین جمعیت‌های گیاهی برای توسعه استراتژی‌های کارآمد برای حفاظت و استفاده از منابع ژنتیکی گیاهی مهم است. بهبود در هر محصول متناسب با میزان تنوع ژنتیکی موجود در ژرم‌پلاسم است (Bundela *et al*., 2017). تنوع ژنتیکی در یک جمعیت را می‌توان با اهلی کردن، انتخاب، جمع‌آوری ژرم‌پلاسم، معرفی گیاه، هیبریداسیون، جهش، پلی‌پلوئیدی، تنوع سوماکلونال و مهندسی ژنتیک مورداستفاده قرارداد. تنوع موجود در یک مجموعه معین از ژرم‌پلاسم، مجموع اثرات وراثتی ژن‌های مربوطه، تأثیرات محیطی و برهمکنش‌های آن‌ها است. این امر نیاز به تقسیم تنوع مشاهده‌شده به اجزای ارثی و غیرقابل ارث دارد. این پارامترهای ژنتیکی به‌صورت ضریب تنوع ژنوتیپی (GCV)، ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV)، وراثت‌پذیری اندازه‌گیری می‌شوند (Abrham, 2019). هرچه وراثت‌پذیری یک صفت بالاتر باشد به این معنی است که انتخاب بر اساس آسان‌تر و همزمان پاسخ به انتخاب بیشتر خواهد بود. یاتانگ و همکاران (Yatung *et al*., 2015) وراثت‌پذیری عمومی بالایی (۹۸–۶۸ درصد) را برای صفات مختلف میوه در فلفل گزارش نمودند.

لویتل و همکاران (Luitel *et al*., 2018) ۴۷ توده فلفل *C. chinense Jacq* را مورد مطالعه قرار دادند و گزارش نمودند که از نظر صفات کیفی و کمی تنوع گسترده‌ای در ژرم‌پلاسم مورد مطالعه وجود دارد. توزیع صفات میوه (طول، عرض و ضخامت دیواره میوه) در میان توده‌ها دارای انحراف مثبت بود. از ۴۷ توده مورد ارزیابی، ۳۸/۳٪میوه‌های مخروطی شکل داشتند و رنگ میوه بالغ عمدتاً قرمز (۵۱/۱٪)، نارنجی (٪ ۲۱/۳) و زرد (۱۴/۹٪) بود. تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که ۵۶/۶۴ درصد از تغییرات کیفی (شکل میوه، رنگ و سطح میوه) و ۸۹/۴۲ درصد از تغییرات کمی (عرض بوته، ارتفاع و روزهای بلوغ میوه) توسط دو مولفه اول توضیح داده شد. خوشه‌بندی براساس صفات مورفولوژیک ژنوتیپ‌ها را به دو گروه تقسیم نمود. براساس گزارش این محققین، تنوع فنوتیپی موجود در این ژرم‌پلاسم مورد مطالعه، مجموعه اطلاعات ارزشمندی را برای بهبود صفات زراعی در برنامه اصلاح فلفل فراهم می‌کند. آگاپل و همکاران (Agaple *et al*., 2020) ۱۰ توده فلفل هابانرو (*C. chinense*) موجود در رومانی را از لحاظ صفات کمی و کیفی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این محققین نشان داد که ارتفاع بوته بین ۱۳۱–۷۸ سانتی‌متر متغیر بود. همچنین میوه توده‌های مورد مطالعه طولی بین ۶/۷–۳/۵ سانتی‌متر و وزنی بین ۳۰/۱۰–۷/۱۵ گرم داشتند.

پژوهش حاضر با هدف اطلاع از میزان تنوع موجود در بین گونه‌های مختلف فلفل و وراثت صفات مهم میوه به منظور بهره‌برداری در برنامه‌های اصلاحی تولید بذر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه گونه‌های مختلف فلفل براساس مورفولوژی

میوه، آزمایشی گلخانه ای در شرایط هیدروپونیک در منطقه زرندیه استان مرکزی در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. بذر ۴۲ ژنوتیپ فلفل از ۷ گونه (جدول ۱) از بانک ژن موسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی و گیاهان زراعی آلمان (IPK) دریافت شد. ابتدا بذور در سینی‌های مخصوص نشا کشت شده و پس از ۶ برگی به گلخانه اصلی منتقل شدند. فاصله بین ردیف‌های کشت در گلخانه ۱۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته و از هر ژنوتیپ ۱۰ بوته در هر تکرار کشت شد. تربیت بوته‌ها بصورت حفظ دو شاخه و حذف شاخه های اضافی تا پایان فصل رشد انجام شد. عملکرد میوه در سه چین، وزن میوه، طول و قطر میوه، ضخامت گوشت میوه، شاخص شکل میوه، طعم میوه (تند یا شیرین)، رنگ نارس میوه و رنگ میوه در زمان رسیدگی صفات مورد ارزیابی در این پژوهش بودند. جهت اندازه‌گیری وزن، طول، قطر، ضخامت گوشت و شاخص شکل میوه، ۱۰ میوه از ۵ بوته انتخاب و مورد اندازه‌گیری و سنجش قرار گرفت. میانگین داده‌های حاصل جهت انجام تجزیه‌های مورد نظر استفاده شد. وزن میوه با استفاده از ترازوی دیجیتال بر حسب گرم، طول و قطر میوه با استفاده از کولیس بر حسب سانتی‌متر و ضخامت گوشت بر حسب میلی‌متر و شاخص شکل میوه از نسبت طول به قطر میوه سنجش و ثبت گردید. جهت ثبت تعداد میوه در هر چین، تعداد میوه‌های رنگ گرفته در ۵ بوته از هر ژنوتیپ در سه چین یادداشت شده و میانگین آن محاسبه گردید. همچنین عملکرد میوه/بوته مربوط به ۱۰ بوته در هر ژنوتیپ طی سه چین یادداشت و با توجه به تراکم بوته (۲/۵ در متر مربع) برحسب کیلوگرم در هکتار برآورد گردید.

آمار توصیفی صفت مورد ارزیابی شامل میانگین، حداقل و حداکثر صفت و درصد ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ محاسبه شد. به منظور اطلاع از میزان تنوع موجود در جمعیت مورد ارزیابی و همچنین میزان وراثت‌پذیری صفات جهت انتخاب برنامه اصلاحی پیش‌رو، درصد ضریب تغییرات فنوتیپی، ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی از روابط زیر استفاده شد:

$$PCV\ (\%) = \frac{\sqrt{Vp}}{mean} \times 100, \qquad GCV\ (\%) = \frac{\sqrt{Vg}}{mean} \times 100,$$

$$H^2 = \frac{Vg}{Vp} \times 100,$$

که در آن PCV، GCV، H^2، V_p و V_g به‌ترتیب ضریب تنوع فنوتیپی، ضریب تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی، واریانس فنوتیپی و واریانس ژنتیکی است.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام گرفت. مقاسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

در این پژوهش مجموعه متنوعی از فلفل ازنظر صفات ریختی میوه ارزیابی و تفاوت معنی‌داری در بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر صفات مورد ارزیابی مشاهده شد (جدول ۲).

بر اساس نتایج جدول ۳ میانگین وزن میوه جمعیت مورد ارزیابی، ۲۶ /۵۴ گرم بود. حداقل و حداکثر وزن میوه به‌ترتیب به میزان ۰/۱۳ و ۱۵۲/۷۰ گرم مربوط به ژنوتیپ‌های ۴۰۹ و ۲۷۶ بود. ژنوتیپ ۳۱۸ با میانگین وزن ۱۴۴/۲۰ گرم تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ ۴۰۹ نداشت. هر دو ژنوتیپ از گونه *annuum* بوده اما از نظر شکل میوه در دو گروه مجزا قرار داشتند. در مقابل ژنوتیپ‌های ۲۵۴، ۲۶۲ و ۲۰۹، ۲۱۰، ۲۷۶، ۲۷۷، ۲۸۲، ۲۹۳ و ۳۵۸ با متوسط وزن میوه زیر یک گرم با رنگ غالب قرمز و مزه تند از گونه‌های *C. frutescens* L، *C. chacoense* Hunz، *C. eximium* hunz و *C. galapagoense* Hunz بودند که با گزارش پاران و نپ (Paran and Knaap, 2007) مطابقت دارد. این محققین گزارش نمودند که در طول اهلی کردن فلفل، گیاهان با اندازه و وزن میوه بیشتر گزینش‌شده‌اند و به همین دلیل، بیشتر فلفل‌های با میوه درشت در گونه *annuum* قرار دارند.

میزان وراثت‌پذیری وزن میوه برابر با ۹۳ درصد بوده که با نتایج عثمان و همکاران (Usman *et al*., 2014) مطابقت دارد. این محققین در ارزیابی ۳۶ ژنوتیپ فلفل متعلق به دو گونه مختلف گزارش نمودند که وراثت‌پذیری وزن میوه ۹۳ درصد بوده که در مقایسه با سایر صفات بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده بود. به گزارش این محققین، بالا بودن واریانس ژنتیکی همراه با وراثت‌پذیری بالا نشان‌دهنده اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت بوده و گزینش بر اساس این صفت می‌تواند به بهبود این صفت در فلفل کمک کند.

طول، قطر و نسبت طول به قطر (شاخص شکل میوه) از مهم‌ترین فاکتورهای بازارپسندی میوه فلفل می‌باشند. متوسط طول، قطر میوه و متوسط شاخص شکل میوه به‌ترتیب ۶/۳۵، ۲/۵۷ سانتی‌متر و ۳/۰۴ بود (جدول ۳). بیشترین طول میوه به ژنوتیپ ۲۹۶ و ۳۱۸ به میزان ۲۶/۳۳، ۲۰/۲۰ و ۱۹ سانتی‌متر اختصاص داشت و در مقابل کمترین طول میوه به میزان ۰/۷۰ سانتی‌متر مربوط به ژنوتیپ ۲۷۷ بود (جدول ۴). ژنوتیپ‌های با بیشترین طول به‌ترتیب از نوع شمشیری (کشیده) و کاپی (مثلثی-کشیده) و شیرین و ژنوتیپ‌های با کمترین طول دارای مزه تند بودند (جدول ۱). ازنظر قطر میوه ژنوتیپ‌های ۴۰۹، ۲۰۰، ۳۱۸، ۳۲۶، ۲۷۲ و ۳۴۸ به‌ترتیب با ۶/۵۰، ۶/۲۳، ۵/۸۰، ۵/۶۷، ۵/۶۰ و ۵/۳۰ سانتی‌متر بیشترین قطر را دارا بوده و از نظر شکل به ترتیب بلوکی (دلمه‌ای)، گرد پخ، کاپی، مثلثی، مثلثی، گرد و شیرین هستند. کمترین قطر میوه مربوط به ژنوتیپ ۲۹۳ (۰/۳۰ سانتی‌متر) بوده و ۱۹ ژنوتیپ با قطر کمتر از ۲ سانتی‌متر

اختلاف معنی‌دار با ژنوتیپ ۲۹۳ نداشتند (جدول ۴). ۲۰ ژنوتیپ با کمترین قطر میوه مزه تند داشتند (جدول ۱). شاخص شکل میوه بین ۰/۵۶ و ۸/۹۹ متغیر بود (جدول ۳). کمترین و بیشترین مقدار مربوط به ژنوتیپ ۳۴۲ و ۲۹۶ بود (جدول ۳). ژنوتیپ ۲۹۶ دارای میوه شیرین و در مقابل ژنوتیپ ۳۴۲ دارای میوه تند بود.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های فلفل مورد مطالعه در آزمایش

Table 1– Basic information of pepper genotypes used during the experiment

کد ژنوتیپ Genotype code	نام علمی Scientific name	کشور مبدا Country of origin	رنگ میوه در مرحله رسیدگی Fruit colour at mature stage	رنگ میوه در مرحله نارس Fruit colour at intermediate (unripe) stage	شکل میوه Fruit shape	مزه Flavor
200	*C. annuum* L.	Italy	Yellow	Dark green	Almost round	Sweet
203	*C. baccatum* Lsubsp. Pendulum	unknown	Orange	Light green	Elongate	Hot
204	*C. annuum* L.	India	Red	Dark green	Blocky	Sweet
208	*C. annuum* L.	Hungary	Red	Light green	Triangular	Sweet
210	*C. eximium* hunz	unknown	Red	Dark green	Almost round	Hot
215	*C. annuum* L.	unknown	Red	Dark green	Triangular	Hot
221	*C. annuum* L.	Hungary	Red	Dark green	Elongate	Hot
244	*C. annuum* L.	Georgia	Light red	Dark green	Triangular	Sweet
256	*C. chainense* Jacq	unknown	Orange	Dark green	Campanulate	Hot
259	*C. frutescens* L.	Cuba	Red	Dark green	Campanulate	Hot
261	*C. annuum* L.	Hungary	Red	Dark green	Almost round	Hot
272	*C. annuum* L.	Hungary	Red	Light green	Triangular	Sweet
276	*C. frutescens* L.	El Salvador	Red	Dark green	Elongate	Hot
277	*C. chacoense* Hunz.	unknown	Light red	Dark green	Capsule	Hot
282	*C. galapagoense* Hunz	unknown	Red	Dark green	Elongate	Hot
285	*C. annuum* L.	Zambia	Red	Dark green	Triangular	Hot
287	*C. baccatum* L. subsp. pendulum (Willd.) Eshbaug	unknown	Red	Light green	Elongate	Hot
293	*C. frutescens* L.	Angola	Red	Dark green	Elongate	Hot
296	*C. annuum* L.	Spain	Red	Dark green	Elongate	Sweet
304	*C. annuum* L.	Italy	Red	Dark green	Triangular	Hot
309	*C. annuum* L.	unknown	Red	Green	Blocky	Sweet
311	*C. annuum* L.	Yemen	Yellow	Dark green	Triangular	Hot
318	*C. annuum* L.	unknown	Yellow	Dark green	Triangular-Elongate	Sweet
321	*C. annuum* L.	unknown	Red	Dark green	Triangular	Hot
324	*C. chainense* Jacq	Yemen	Orange	Green	Elongate	Hot
326	*C. annuum* L.	unknown	Red	Cream	Triangular	Sweet
327	*C. baccatum* Lsubsp. Pendulum	unknown	Red	Dark green	Elongate	Hot
332	*C. baccatum* Lsubsp. Pendulum	unknown	Red	Dark green	Elongate	Hot
333	*C. annuum* L.	unknown	Red	Light green	Elongate	Hot
336	*C. annuum* L.	unknown	Yellow-Orange	Green	Blocky	Sweet
342	*C. annuum* L.	unknown	Light red	Cream	Almost round	Hot
344	*C. annuum* L.	unknown	Red	Dark green	Elongate	Hot
348	*C. annuum* L.	Russian Federation	Red	Dark green	Almost round	Sweet
357	*C. chainense* Jacq	unknown	Orange	Dark green	Campanulate	Hot
358	*C. chacoense* Hunz.	unknown	Light red	Dark green	Capsule	Hot
361	*C. annuum* L.	unknown	Red	Dark green	Almost round	Hot
368	*C. annuum* L.	Hungary	Cream	Cream	Triangular	Hot
372	*C. annuum* L.	unknown	Yellow	Dark green	Triangular	Hot
376	*C. baccatum* Lsubsp. Pendulum	unknown	Red	Light green	Elongate	Hot
394	*C. frutescens* L.	El Salvador	Red	Dark green	Triangular	Hot
407	*C. chainense* Jacq	unknown	Red	Dark green	Campanulate	Hot
409	*C. annuum* L.	Germany	Red	Dark green	Blocky	Sweet
427	*C. annuum* L.	Honduras	Red	Dark green	Triangular	Hot

جدول ۳- آمار توصیفی ژنوتیپ‌های فلفل

Table 3- Descriptive statistics of the pepper genotypes

	میانگین Mean	حداقل Min	حداکثر Max	ضریب تغییرات فنوتیپی Phenotypic coefficient of variation (%)	ضریب تغییرات ژنتیکی Genotypic coefficient of variation (%)	وراثت پذیری عمومی Broad sense heritability (%)
وزن میوه تازه Fresh fruit weight (g)	26.54	0.10	152.70	0.87	0.84	0.93
طول میوه Fruit length (cm)	6.35	0.60	28.00	0.86	0.85	0.97
قطر میوه Diameter fruit (cm)	2.57	0.30	6.80	0.71	0.70	0.97
ضخامت گوشت Flesh thickness (mm)	2.98	0.10	8.00	0.82	0.81	0.98
تعداد میوه/چین Number of fruits per plant/harvest	15	1	67	0.72	0.84	0.73
عملکرد میوه در سه چین Fruit yield in three harvest ($Kg.ha^{-1}$)	6789.10	8.80	25379.20	0.55	0.61	0.81
شاخص شکل میوه Fruit shape index	3.04	0.53	9.29	0.69	0.68	0.98

جدول ٤- صفات ریختی میوه ژنوتیپ‌های فلفل

Table 4- The fruit morphological traits of pepper genotypes

کد ژنوتیپ Genotype code	وزن تازه میوه Fresh fruit weight (g)	طول میوه Fruit length (cm)	قطر میوه Fruit diameter (cm)	ضخامت گوشت Flesh thickness (mm)	تعداد میوه/چین Number of fruits per plant/harvest	عملکرد میوه در سه چین Fruit yield in three harvest (kg.ha^{-1})	شاخص شکل میوه Fruit shape index
200	57.33	4.53	6.23	7.00	4	3432.00	0.73
203	7.00	7.43	1.37	2.00	17	2618.00	5.44
208	66.93	9.43	4.57	4.00	5	11780.27	2.07
210	0.23	1.23	0.43	1.00	33	128.33	2.88
215	11.97	5.03	3.00	2.00	7	2106.13	1.68
221	17.17	7.90	1.97	2.10	4	4909.67	3.99
244	54.67	8.67	4.67	6.83	6	14432.00	1.86
256	9.67	5.50	3.10	2.00	16	6380.00	1.77
259	7.87	5.00	2.40	2.00	13	4326.67	2.08
261	2.83	2.10	2.07	4.00	17	623.33	1.02
272	58.33	6.17	5.60	5.00	10	19250.00	1.11
276	0.13	1.50	0.40	0.50	4	17.60	3.75
277	0.33	0.70	0.43	0.10	5	67.47	1.67
282	0.40	2.50	0.50	0.50	23	176.00	5.00
285	3.57	2.83	1.67	1.00	27	3923.33	1.70
287	12.20	9.00	2.00	2.00	33	24156.00	4.50
293	0.20	2.00	0.30	1.00	7	44.00	6.67
296	66.57	26.33	2.93	6.00	5	14644.67	8.99
304	2.73	3.00	1.07	1.00	13	1202.67	2.82
309	107.67	15.00	4.50	6.00	4	18949.33	3.34
311	2.00	4.00	0.50	0.50	13	1320.00	8.00
318	144.20	22.20	5.80	8.00	3	25379.20	3.83
321	4.17	2.73	2.33	2.00	10	1833.33	1.17
324	2.90	4.00	1.70	1.00	33	4466.00	2.35
326	76.00	8.00	5.67	6.00	1	5016.00	1.41
327	4.20	6.00	1.30	1.00	23	4620.00	4.62
332	1.93	4.67	1.60	1.00	10	850.67	2.94
333	66.67	15.33	3.03	6.00	3	11733.33	5.04
336	53.00	8.17	4.67	5.00	2	4664.00	1.75
342	0.73	1.00	1.80	0.30	67	2742.67	0.56
344	7.10	11.33	1.87	2.03	27	11715.00	6.06
348	49.23	4.20	5.30	7.23	13	22745.80	0.79
357	9.23	4.63	3.00	2.00	17	7922.20	1.54
358	0.17	1.21	0.40	0.10	23	183.33	3.02
361	9.50	2.83	2.40	5.00	17	7942.00	1.18
368	13.77	4.57	2.57	2.33	12	4660.33	1.65
372	8.03	6.60	2.80	4.00	13	5125.27	2.36
376	10.80	11.00	1.50	1.00	23	14256.00	7.33
394	3.13	1.50	0.60	0.90	9	1034.00	2.50
407	3.13	3.00	1.80	6.00	22	1377.20	1.67
409	152.70	9.00	6.50	6.60	2	10078.20	1.38
427	4.20	5.00	1.50	1.00	13	2310.00	3.33
LSD	12.67	1.98	1.75	0.70	13.27	3790.76	1.55

وراثت‌پذیری طول، قطر و شاخص شکل میوه به‌ترتیب ۰/۹۷، ۰/۹۷ و ۰/۹۸ درصد بود. در فلفل، مطالعات قبلی وراثت‌پذیری و اثر QTL مرتبط با ویژگی‌های باغبانی میوه را ارزیابی کرده‌اند (Bharath *et al*., 2013; Naegele *et al*., 2016; Chunthawodtiporn *et al*., 2018). چندین QTL در کروموزوم‌های ۱-۴، ۸، ۱۰ و ۱۱ برای طول، عرض و نسبت شکل میوه (طول/عرض) شناسایی‌شده است. دو QTL اصلی میوه به نام‌های fs3.1 (شکل میوه) و fs10.1 (کشیدگی میوه)، در یک جمعیت BC_4F که به‌ترتیب برای شکل میوه از کروموزوم‌های ۳ و ۱۰ جدا شدند، نقشه‌برداری شد. این QTLها به ترتیب ۶۷ و ۴۴ درصد از تغییرات شکل میوه و کشیدگی طول مشاهده‌شده در جمعیت را توضیح دادند. در مطالعه ژرم‌پلاسم فلفل کارائیب مشخص شد که قطر میوه دارای وراثت‌پذیری بالا و با وزن میوه نیز همبستگی مثبت زیادی داشت (Bharath *et al*., 2013). آبرهام (Abrham, 2019) وراثت‌پذیری ۵۵ لاین فلفل تند را مورد محاسبه قرارداد و وراثت‌پذیری ۸۰/۹۶، ۷۲/۳۸ و ۷۸/۹۴ درصد را برای صفات طول، قطر و ضخامت گوشت گزارش نمود. وراثت‌پذیری بالایی در اکثر صفات را می‌توان به نقش بیشتر ژن افزایشی نسبت داد و با انتخاب ساده می‌توان از آن بهره‌برداری کرد. وراثت‌پذیری بالایی برای طول و قطر میوه توسط سایر محققین گزارش شده است (Dhaliwal *et al*., 2015; Yatung *et al*., 2014).

ضخامت گوشت میوه با میانگین ۲/۹۸ میلی‌متر تنـوع زیـادی در بین ژنوتیپ‌ها نشان داد (جدول ۳). ژنوتیپ ۳۱۸ با میانگین ضـخامت گوشت ۸ میلی‌متر در بالاترین سطح قـرار گرفـت. در مقابـل ژنوتیـپ های ۳۵۸، ۲۷۷، ۳۴۲، ۳۱۱، ۲۸۲، ۲۷۶ و ۳۹۴ با میـانگین ضـخامت گوشت زیر ۱ میلی‌متر کمترین ضـخامت گوشـت را داشـته و تفـاوت معنی‌داری از نظر آماری با هم نشان ندادند (جدول ۴). به اسـتثنای دو ژنوتیپ ۳۴۲ و ۳۱۱، سایر ژنوتیپ‌ها از گونه غیـر از *annuum* بودنـد (جدول ۱). وراثت‌پذیری عمومی این صفت ۹۸ درصد بود (جدول ۳).

کمترین و بیشترین تعداد میوه در بوته در هر چین بـه‌ترتیـب بـه میزان ۱ و ۶۷ میوه متعلق به ژنوتیـپ‌هـای ۳۴۲ و ۳۲۶ بـود. بـا ایـن وجود، به دلیل طول، قطر، ضـخامت گوشـت و در نتیجـه وزن بسـیار پایین میوه در ژنوتیپ ۳۴۲، عملکرد تقریبا پـایینی از ایـن ژنوتیـپ در سه چین حاصل شد (۲۷۴۲/۶۷ کیلوگرم در هکتار). در مقابل ژنوتیـپ ۳۱۸ با وجود آنکه از تعداد میوه بالایی در چین برخوردار نبود (۳ میـوه در چین)، به دلیل داشتن میوه‌هایی با اندازه و ضخامت گوشت زیـاد و در نتیجه وزن بالای میوه، توانست بیشترین عملکرد میوه را به میـزان ۲۵۳۷۹/۲۰ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص دهد (جدول ۴).



شکل ۱- تصویر میوه ژنوتیپ‌های فلفل مورد ارزیابی

Figure 1- The fruit photos of evaluating peper genotypes

کمترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ ۲۷۶ و ۲۹۳ متعلق به گونه *C. frutescens* L. با عملکرد میوه ۱۷/۶۰ و ۴۴/۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه چین بود. با این وجود تفاوت معنی‌داری از نظر آماری بین عملکرد این ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ ۲۷۷، ۲۱۰، ۲۸۲، ۳۵۸، ۲۶۱، ۳۳۲، ۳۹۴، ۳۰۴، ۳۱۱، ۴۰۷، ۳۲۱، ۲۱۵، ۴۲۷، ۲۰۳، ۳۴۲ و ۲۰۰ وجود نداشت (جدول ۴). درصد ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی عملکرد میوه ۶۱ و ۵۵ درصد و وراثت‌پذیری عملکرد میوه ۸۱ درصد بوده (جدول ۳) که با گزارشات قبلی مطابقت دارد (Dhaliwal *et al.*, 2015; Hong *et al.*, 2020). طبق نظر استنسفیلد (Stansfield, 1991) چنانچه وراثت‌پذیری صفتی بیشتر از ۰/۵ باشد، صفت دارای توارث بالا می‌باشد و می‌توان از این صفت در بهبود صفتی در برنامه‌های تولید بذر استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

جنس فلفل دارای چندین گونه با فنوتیپ متنوع است که در سراسر جهان رشد می‌کند. تنوع و میزان وراثت‌پذیری در گیاهان اولین قدم در درک چگونگی بهبود یا تولید گیاهان جدید است. وراثت‌پذیری درجه کنترل ژنتیکی مرتبط با برخی از صفات مهم است (Addissu *et al.*, 2012) و این نشان می‌دهد که چه مقدار از تنوع منشأ ژنتیکی دارد و اطلاعات لازم گزینش‌های موثر را فراهم می‌سازد. فلفل‌های وحشی و بومی معمولاً میوه‌های کوچک و تند دارند، اما دارای بسیاری از صفات مهم مانند مقاومت به حشرات و بیماری‌ها هستند. در مقابل فلفل‌های اصلاح‌شده ازنظر اندازه، شکل، تندی و رنگ بسیار متفاوت هستند و اغلب فاقد ویژگی‌های مقاومت هستند. ویژگی‌های میوه (به‌عنوان مثال شکل و ضخامت گوشت) تعیین‌کننده اصلی برای انتخاب رقم هستند و وجود صفاتی کیفی نظیر مزه و مقاومت به بیماری‌ها در میوه‌های با ظاهر مطلوب می‌تواند به افزایش پتانسیل تولید کمک کند. در این پژوهش مجموعه متنوعی از گونه‌های مختلف فلفل با دامنه وسیعی از صفات ظاهری مورد ارزیابی قرار گرفتند. هرچند ویژگی‌های مطلوب و بازارپسند میوه از ژنوتیپ‌های متعلق به گونه *C. annuum* حاصل شد؛ اما ژنوتیپ‌های متعلق به گونه‌های دیگر از نظر صفات تعداد میوه بالا در بوته و مقاومت به آفات و بیماری‌ها که در این پژوهش به آن پرداخته نشد اما در گزارشات قبلی به آن اشاره شده است، می‌توانند نقش تکمیل کننده‌ای در برنامه‌های اصلاحی تولید بذر هیبرید داشته باشند. ژنوتیپ‌های ۳۱۸ (کاپی، زرد و شیرین)، ۲۸۷ (کشیده، قرمز و تند)، ۳۴۸ (گرد، قرمز و شیرین)، ۲۷۲ (مثلثی، قرمز و شیرین)، ۳۰۹ (بلوکی، قرمز و شیرین) و ۲۹۶ (کشیده، قرمز و شیرین) (شکل ۱) به دلیل داشتن عملکرد بالا، میوه‌های با سایز مناسب و بازارپسند می‌توانند پس از ارزیابی سازگاری به‌عنوان رقم معرفی شوند. علاوه بر این، با توجه به تنوع قابل‌توجه در جمعیت مورد ارزیابی، می‌توان به تولید ارقام هیبرید با ویژگی‌های متمایز در برنامه‌های اصلاحی مبادرت نمود.

منابع

1. Abrham, S. (2019). Genetic variability and heritability study of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes in Wolaita, Southern Ethiopia. *Global Journal of Science Frontier Research: Agriculture and Veterinary*, *19*(4), 31-36.
2. Addissu, A.G. (2012). Heritability and genetic advance in recombinant inbred lines for drought tolerance and other related traits in sorghum (*Sorghum bicolor*). *Continental Journal Agricultural Science*, *5*, 1–9. https://doi.org/10.5281/zenodo.839950
3. Agaple, O.V., Stanica, F., Vinatoru, C., Barcanu, E., Tanase, B., Gherase, I., & Negosanu, G. (2020). Agro-morphological characterization of habanero peppers from the germplasm collection of vegetable research development Sation Buzau. *Horticulture, 55*(1), 333-338.
4. Barboza., G.E., Bianchetti, L.D.B., & Lammers, T.G. (2005). Three new species of *Capsicum* (Solanaceae) and a key to the wild species from Brazil. *Systematic Botany*, *30*(4), 863-871. https://doi.org/10.1600/0363644405775097905
5. Bharath, S.M., Cilas, C., & Umaharan, P. (2013). Fruit trait variation in a caribbean germplasm collection of aromatic hot peppers (*Capsicum chinense* Jacq.). *Hortscience, 48*, 531–538. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.5.531
6. Bundela, M.K., Pant, S.C., & Hiregoudar, H. (2017). Assessment of genetic variability, heritability and genetic advance for quantitative traits in chilli (*Capsicum annuum). International Quarterly Journal of Life Science*, *10*(2), 729-733.
7. Christov, T.N.K., Tsonev, S., Todorova, V., & Todorovska, E.G. (2021). Genetic diversity and population structure analysis - a prerequisite for constructing a mini core collection of Balkan *Capsicum annuum* germplasm. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, *35*(1), 1010–1023. https://doi.org/10.1080/13102818.2021.1946428
8. Chunthawodtiporn, J., Hill, T., Stoffel, K., & Van Deynze, A. (2018). Quantitative trait loci controlling fruit size

and other horticultural traits in bell pepper (*Capsicum annuum*). *Plant Genome, 11*, 1–11. https://doi.org/10.3835/plantgenome2016.12.0125
9. Dhaliwal, M.S., Garg, N., Jindal Vishvavidyalaya, S.K., & Cheema, D.S. (2015). Growth and yield of elite genotypes of chilli (*Capsicum annuum* L.) in diverse agroclimatic zones of Punjab. *Aromatic Crops, 24*(2), 83-91.
10. Djian-Caporilano, C., Lefebvre, V., Sage-Daubeze, A.M., & Palloix, A. (2007). Capsicum. In: Singh RJ (ed) Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: *Vegetable Crops*, vol 3. CRC Press, Boca Raton, pp 185-243.
11. Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). http://faostat.fao.org.
12. Hong, J.P., Ro, N., Lee, H.Y., Kwon, J.K., Yamamoto, E., & Kang, B.C. (2020). Genomic selection for prediction of fruit-related traits in pepper (*Capsicum* spp.). *Global Journal of Science Frontier Research Science Plant Breeding, 11*, 1-11. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.570871
13. Ibiza, V.P., Blanca, J., Cafizares, J., & Nuez, F. (2011). Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. *Genetic Resources and Crop Evolution, 59*, 1-12. https://doi.org/10.1007/s10722-011-9744-z
14. Ince, A., Karaca, M., & Onus, A. (2010). Genetic relationships within and between *Capsicum* species. *Biochemical Genetics*, *48*(1), 83-95. https://doi.org/10.1007/s10528-009-9297-4
15. Luitel, B.P., Ro, N.Y., Ko, H.C., Sung, J.S., Rhee, J.H., & Hur, O.S. (2018). Phenotypic variation in a germplasm collection of pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) from Korea. *Journal of* Crop *Science and Biotechnology, 21*(5), 499-506. https://doi.org/10.1007/s12892-018-0210-0
16. Mcleod, M.J., Guttman, S.I., & Eshbaugh, W.H. (1982). Early evolution of chili peppers (*Capsicum*). *Economic Botany, 36*(4): 361-368. https://doi.org/10.1007/BF02862689
17. Naegele, R.P., Mitchell, J., & Hausbeck, M.K. (2016). Genetic diversity, population structure, and heritability of fruit traits in *Capsicum annuum*. *PLoS One, 11*, 1–17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156969
18. Paran, I., & Knaap, E. (2007). Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. *Journal of Experimental Botany, 58*(14), 3841-3852. https://doi.org/10.1093/jxb/erm257
19. Stansfield, W.D. (1991). *Theory and Problems in Genetics*. (3th ed.). McGraw-Hill.
20. Usman, M., Rafii, M.Y., Ismail, M.R., Malek, M.A., & Latif, M.A. (2014). Heritability and genetic advance among chili pepper genotypes for heat tolerance and morphophysiological characteristics. *Scientific World Journal*, 2014, 1-15. https://doi.org/10.1155/2014/308042
21. Yatung, T., Dubey, R., Singh, V., Upadhyay, G., & Pandey, A.K. (2015). Selection parameters for fruit yield and related traits in Chilli (*Capsicum annuum* L.). *Bangladesh Journal of Botany, 43*(3), 283-291. https://doi.org/10.3329/bjb.v43i3.21600